SNI 0918-18-33:2001
Edisi 2017

Standar Nasional Indonesia

Mesin listrik berputar
Bagian 18 : Evaluasi fungsi sistem isolasi
Pasal 33 : Prosedur uji untuk belitan kawat persegi - evaluasi multi faktor kemampuan sistem isolasi gabungan dibawah tekanan termal dan listrik yang digunakan pada mesin ≥ 50 MVA dan 15 kV

(IEC TS 60034-18-33:1995, IDT)

ICS 27.180

Badan Standardisasi Nasional

Daftar isi

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 0918-18-33:2001 Edisi 2017, dengan judul *Mesin listrik berputar Bagian 18 : Evaluasi fungsi sistem isolasi Pasal 33 : Prosedur uji untuk belitan kawat persegi - evaluasi multi faktor kemampuan sistem isolasi gabungan dibawah tekanan termal dan listrik yang digunakan pada mesin ≥ 50 MVA dan 15 kV*, merupakan SNI penetapan kembali. Standar ini diadopsi sepenuhnya dari Standar International Electrotechnical Commission (IEC) Publikasi 34-18-33 (1995) dengan judul *"Rotating electrical machines, Part 18 : functional evaluation of insulation systems -- Section 33 : Test procedures for form-wound windings — Multifaktor function evaluation — Endurance under combined thermal and electrical stresses of insulation systems used in machines up to including 50 MVA and 15 kV"*, Standar ini dirumuskan oleh Panitia Teknik Mesin Listrik Berputar (PTMS) masa kerja Tahun 1999/2000 dan telah melalui proses/prosedur perumusan standar dan terakhir dibahas dalam Forum Konsensus XV pada tanggal 16 s.d 22 Februari 2000 untuk mencapai mufakat.

Standar ini merupakan hasil kaji ulang yang dilaksanakan oleh Komite Teknis 29-09 **Mesin Listrik** terhadap SNI 04-0918.18.33-2001 dengan rekomendasi tetap, dan disampaikan ke Badan Standardisasi Nasional pada tanggal 18 September 2017.

Untuk kepentingan pengguna, Standar ini telah diberikan beberapa perbaikan sebagai berikut:

- Penyesuaian penulisan SNI mengacu ketentuan terkini mengenai penulisan SNI (Peraturan Kepala BSN No. 4 Tahun 2016).

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen Standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Mesin listrik berputar
Bagian 18: Evaluasi fungsi sistem isolasi
Pasal 33: Prosedur uji untuk belitan kawat persegi - evaluasi multi faktor kemampuan sistem isolasi gabungan dibawah tekanan termal dan listrik yang digunakan pada mesin $\geq$ 50 MVA dan 15 kV

1 Ruang lingkup

Standar ini menjelaskan prosedur uji untuk evaluasi kemampuan multi faktor sistem isolasi, dalam hal ini faktor penuaan termal dan listrik yang signifikan.

Prosedur sistem isolasi yang digunakan atau diusulkan untuk digunakan untuk mesin a.b.b dengan menggunakan gulungan atau diusulkan untuk digunakan untuk mesin a.b.b dengan menggunakan gulungan kawat persegi kapasitas mulai dari 50 MVA dan 15 kV.

Prosedur uji disesuaikan dengan kondisi yang sebenarnya sechingga untuk kerja sistem isolasi bakal dibandingkan dengan sistem isolasi acuan yang terbukti baik berdasarkan pengalaman.

2 Acuan normatif

Dokumen acuan berikut sangat diperlukan untuk penerapan dokumen ini. Untuk acuan bertanggal, hanya edisi yang disebutkan yang berlaku. Untuk acuan tidak bertanggal, berlaku edisi terakhir dari dokumen acuan tersebut (termasuk seluruh perubahan/amandemennya).

IEC 34-1-1994, *mesin listrik berputar – Bagian 1 - Julat dan unjuk kerja*

IEC 34-15-1993, *Mesin listrik berputar - Bagian 15 - Tegangan impuls dengan batas putaran rnesin a.b.b dengan bentuk lilitan kumparan stator*

IEC 34-1 8-1 1992, *Mesin listrik berputar- Bagian 18- Evaluasi fungsi sistem isolasi- seksi 32: Prosedur uji untuk lilitan bentuk persegi - Evaluasi listrik untuk sistem isolasi yang digunakan dalam mesin mulai 50 MVA dan 15 kV*

IEC 727-1-1982, *Evaluasi kemampuan listrik sistem isolasi listrik, Bab 1 - Ketentuan umum dan evaluasi dasar prosedur dalam distribusi normal*

IEC 792-I-1985, *Fungsi uji multi faktor pada sistem isolasi listrik, Bab 1 - Prosedur uji*

3 Istilah dan definisi

Definisi yang, terdapat pada IEC 34-18-1 (1992) dapat diterapkan.

4 Umum

4.1 Hubungan dengan IEC 34-18-1 (1992)

Prinsip pada 1EC 34-18-1 (1992) harus diikuti, kecuali rekomendasi atau usulan yang

dinyatakan selain dari pasal ini

4.2 Pemilihan prosedur uji

Diusulkan, apabila penjelasan prosedur uji dalam bentuk singkat, maka dipilih salah satu prosedur N, dimana N adalah jumlah pilihan prosedur dari Tabel 1

4.3 Sislem isolasi acuan

Sistem isolasi acuan diuji dengan menggunakan prosedur yang setara dengan yang diterapkan pada sistem isolasi bakal pada laboratorium yang sama, peralatan uji yang sama. Unjuk kerja sistem isolasi acuan harus ditetapkan sesuai pengalaman pada kondisi kerja yang sama dalam julat kondisi kerja (lihat ayat 4-10). Jika sistem acuan telah diuji sebelumnya maka uji titik tunggal dalam sistem acuan sudah memenuhi sebagai prosedur.

Jika nilai percepatan tidak diketahui dalam kondisi uji multi faktor, persyaratan ini dapat dipenuhi hanya dengan menggunakan faktor penuaan sebenarnya untuk kedua sistem.

CATATAN Nilai sebenarnya memungkinkan percepatan aktual dalam pengujian multi faktor pada sistem isolasi acuan dan sistem bakal adalah tidak sama, batasan kedua faktor listrik dan faktor penuaan termal adalah sama untuk kedua sistem.

4.4 Verifikasi uji diagnostik

Uji penuaan termal awal yang sesuai prinsip-prinsip yang diberikan dalam 5.3A IEC 34-18-1, untuk pemeriksa kesesuaian uji sub-siklus diagnostik dapat dilakukan

4.5 Verifikasi prosedur uji

4.5.1 Karakteristik umurn

Secara umum pengujian sesuai dengan standar sebagaimana ditunjukkan dalam setiap siklus terdiri atas sub-siklus penuaan dan sub-siklus diagnostik.

4.5.2 Sub-siklus penuaan

Sub-siklus penuaan meliputi penuaan termal dan penuaan listrik yang dilakukan secara simultan atau berurutan, uji penuaan multi faktor didapat menjadi rumit apabila terjadi pengaruh interaksi, faktor penuaan yang demikinn dapat dirubah oleh faktor lain (interaksi langsung). Prosedur 3 disederhanakan dalam menjadi pendek atau tidak perubahan dalam sistem isolasi.

Interaksi langsung dapat dihasilkan kembali hanya dalam uji penuaan multi faktor setara simultan. interaksi tidak langsung, dapat dihasilkan kembali dalam kedua jenis uji simultan dan berurutan.

Dalam pasal 6.1.3 Petunjuk prosedur uji diberikan jika terjadi interaksi, dalam lampiran A banyak diberikan informasi tentang interaksi.

Tabel 1 - Ketentuan sub-siklus penuaan

Jumlah N dari prosedur Uji	Sub siklus penuaan	Sub-Siklus	Penjelasan
1	Sub siklus penuaan dengan Tekanan penuaan yang diterapkan secara simultan	5.3	Stres penuaan diterapkan secara simultan Selama sub-siklus penuaan
2	Sub-siklus penuaan dengan Menerapkan stres penuaan berurutan	5.4	Prosedur ini dapat digunakan, khususnya dalam semua hal yang merupakan interaksi langsung antara faktor termal dan faktor penuaan listrik yang tidak mempengaruhi pada hasil uji yang dltentukan. lihat larnpiran
3	Prosedur titik (tunggal sesuai dengan sub-ayat 5.3.2. dalam IEC 34-18-1	5.5	Prosedur ini memberikan perbandingan hanya pada satu kombinasi amok tekanan termal dan listrik. Prosedur ini memberikan Sedikit informasi, tetapi kadang-kadang cukup memadai pada kinerja sistem bakal

5.5.3 Sub-siklus diagnostik

Sub-siklus diagnostik terdiri atas uji mekanik, uji kelembaban, uji regangan dan uji diagnostik lain, pemilihan suatu pengujian, kumpulan kondisi operasional acuan (lihat 4.9) harus digunakan sebagai pedoman. Uji diagnostik yang biasanya diterapkan atas dasar tabel di atas.

4.6 Pemanasan sedang dan definisi tingkat tekanan termal

4.6.1 Metode pemanasan

Semua cara pemanasan yang sesuai, sebagai contoh seperti ditunjukkan dalam IEC 34-18-1 boleh digunakan. Keping uji harus dipanasi di atas ukuran normal.

4.6.2 Tingkat tekanan termal

Tingkat tekanan termal didefinisikan sebagai suhu rata-rata konduktor yang berada di tengah-tengah alur dimana dijelaskan bahwa sepanjang alur tidak dapat dilaksanakan perkiraan secara akurat pada suatu suhu tertentu. Suhu di luar permukaan isolasi utama di bangun tengah daripada alur yang dapat digunakan.

Metode pengukuran yang digunakan pada batas tekanan termal dapat dilaksanakan untuk sistem bakal dan acuan, dimana pemanasan kering diterapkan, temperatur kering boleh dipakai sesuai nilai yang diinginkan daripada tekanan normal, tetapi hanya jika dilakukan validasi des prosedur yang dalam 4.63.

Tekanan termal merupakan penyediaan aliran panas, suhu konduktor didapatkan dari hasil pengukuran resistans adalah nilai tekanan termal yang dikehendaki dimana harus diperhatikan untuk menjaga agar suhu tetap dengan harga 5 K antara keping uji di dalamnya.

4.6.3 Teknik pengukuran tekanan termal

Direkomendasikan bahwa pengukuran suhu dibuat dalam dua tahap yang dilaksanakan secara simultan pada tekanan listrik dan tekanan penuaan termal.

a) Pertama, pada kesinambungan hanya dengan melaksanakan penuaan termal
b) Kedua, pada kesinambungan lagi tetapi setelah diterapkannya penambahan tekanan

Kedua suhu harus dicatat sebagai informasi, dengan mencatat tinggi suhu menunjukkan batas termal.

CATATAN 1 Pengukuran suhu pada fase kedua dilaksanakan secara hati-hati dengan menggunakan teknik pendinginan ekstrapolasi, setelah itu segera memindahkan tekanan listrik atau dengan sensor serat optik.

CATATAN 2 Suhu yang tinggi dapat terjadi di lokasi (contoh, kenaikan suhu sekitar), suhu ini dapat ditcntukan dengan menggunakan IR detektor, jika terjadi gangguan sistemmatikanya maka pada titik ini tekanan listrik mungkin dapat tinggi, juga pada saat digunakan berbagai versi kenaikan tekanan.

Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan menurunkan tekanan penuaan atau menaikkan tekanan.

4.7 Penuaan listrik utama

Direkomendasikan bahwa tegangan frekuensi daya digunakan untuk menghasilkan penuaan listrik, penuaan tegangan a.b.b diterapkan antara inti stator atau lapisan luar konduktor dalam permukaan keping uji dan konduktor. Selama pengujian penuaan, kenaikkan frekuensi dapat digunakan dl atas 10 kali freknensi daya nominal. Oleh sebab itu seharusnya dibutuhkan suatu cara bahwa rugi rugi listrik tidak boleh berubah dengan bertambahnya suhu, maka dibutuhkan penyekapan untuk mendapatkan hasil yang balk, frekuensi yang lama boleh digunakan untuk sistem bakal dan sistem acuan.

CATATAN Seperti tercantum dalam IEC 34-18-1 dan IEC 34-18-2, pada kenyataannya dengan menaikkan frekuensi secara tepat dapat menyimpang dari nilai yang sesuai cara yang tidak diinginkan.

4.8 Definisi lama sub-siklus

Sub siklus penuaan akan dilaksanakan pada saat faktor-faktor penuaan mulai digunakan dan berakhir pada saat faktor-faktor penuaan yang digunakan berhenti.

4.8.1 Penuaan simultan

Sub siklus penuaan akan dilaksanakan pada saat faktor-faktor penuaan mulai digunakan dan berakhir pada saat faktor-faktor penuaan yang digunakan berhenti.

4.8.2 Urutan penuaan

Apabila digunakan urutan penuaan, definisi di atas digunakan secara terpisah untuk pasal sub-siklus penuaan termal dan listrik.

Lamanya sub-siklus penuaan adalah lamanya salah satu bagian sub siklus penuaan termal atau seksi-siklus listrik.

Durasi seksi sub-siklus termal dan listrik akan sama kecuali operasi penuaan termal dan listrik berbeda dalam hal kedua durasi suit-siklus penuaan termal dan listrik harus dilaporkan.

4.9 Kondisi operasi acuan

Kondisi operasional terdiri atas beberapa batasan yang jelas untuk seluruh faktor penuaan dan faktor diagnostik yang digunakan pada sistem isolasi. Kondisi operasional acuan ditentukan, evaluasi prosedur faktor ganda dalam termal dan listrik, batasan dan jenis faktor diagnostik dan batas faktor penuaan harus divakini sebagai kondisi operasional acuan.

4.9.1 Faktor penuaan acuan

Sebagaimana dijelaskan dalam ruang lingkup, faktor penuaan termal dan listrik diasumsikan secara jelas alas kedua faktor penuaan, batasannya ditentukan dalam kelas suhu dan harga tegangan maksimum dari pada sistem isolasi, lihat pasal 6.11.

4.9.2 Faktor diagnostik acuan

Yang termasuk faktor diagnostik acuan, adalah
a) diharapkan kelembaban awal dalam pelayanan maksimum
b) tekanan mekanik maksimum yang dikenakan di atas permukaan gulungan yang diuji secara simultan. Contoh, tekanan arus peralihan pada saat start;
c) diharapkan tegangan lebih peralihan maksimum, tegangan lebih peralihan dari masing-masing lilitan maksimum dapat diperkirakan.

5 Benda uji

5.1 Konstruksi benda uji

5.1.1 Aspek umum

Benda. uji harus memiliki konfigurasi konstruksi yang cukup mewakili komponen pada gulungan yang telah dievaluasi dan akan dipakai pada normal penuh atau kemungkinan sama seperti hasil dari proses pabrikasi, jika selama pemakaian perlengkapan isolasi mekanik, alur bagian lilitan atau lebar alur atau struktur penopang pinggir adalah termasuk pengaruh proses penuaan dalam objek harus simultan.

Apabila menggunakan lilitan terpisah atau seperti model batang, jarak bebas dari kelas pertengahan dimana diinginkan suatu pendekatan selama dilakukan uji tekanan elektroda akan ditempatkan memanjang sepanjang alur model dan mengelilingi seluruh potongan. Lilitan selengkapnya diberikan dalam IEC 727.1.

5.1.2 Pertimbangan pada kumparan dan pilinan dalam objek uji

Pada isolasi kumparan dilakukan pengujian secara diagnostik, secara umum diperlukan permintaan kemungkinan dipengaruhi oleh bentuk dan kekuatan konduktor. Pada uji diagnostik diterapkan tegangan impuls untuk sistem isolasi pada sejumlah lilitan dalam kumparan yang diperkirakan lebih kecil, dalam permintaan isolasi kumparan kekumparan boleh mempunyai tingkat tekanan yang lebih besar.

Penerapan tegangan frekuensi daya yang diinginkan antara kumparan, maka lebih baik lilitan harus digulung dengan konduktor paralel (lilitan) atau lilitan dipotong pada ujung kumparan, apabila digunakan lilitan penuaan tekanan hampa (VPI), yang memotong dan mcmisahkan konduktor dalam daerah yang akan ditahan dibuat sebelum diimpregnasi.

5.2 Jumlah keping uji

Jumlah contoh yang mencakup harus dikenakan penuaan pada setiap kombinasi suhu dan tegangan, digunakan sedemikian sehingga memperoleh konfidens statistik jumlah ini tidak boleh dikurang dari lima.

CATATAN Jika batang atau setengah-lilitan digunakan jumlah minimum adalah lima batang atau setengah lilitan. Jika digunakan lilitan penuh, jumlah contoh uji adalah lima lilitan penuh.

5.3 Uji jaringan mutu

Sebelum memulai sub-siklus penuaan yang pertama, uji jaminan mutu berikut harus dilakukan:

a) pemeriksaan visual dari contoh uji;
b) uji tegangan, menurut IEC 43-1.

5.4 Uji diagnostik awal

Setiap benda uji yang lengkap harus digunakan pada semua uji diagnostik yang terpilih untuk prosedur uji sebelum memulai sub-siklus penuaan yang pertama.

6 Sub siklus penuaan

6.1 Tingkat tekanan penuaan

Diperlukan prosedur uji yang berheda, tergantung pada keberadaan dan jenis interaksi.

Dalam pemilihan tingkat tekanan Iistrik dan termal untuk sub-siklus penuaan, adalah penting sehingga mekanisme selama penuaan sub-siklus ini tidak terlalu berbeda dari pelayanan normal. Walaupun demikian, prinsip percepatan sama, sebagaimana disarankan dalam IEC 792-1, harus diterapkan, jika memungkinkan.

6.1.1 Faktor percepatan

Faktor percepatan harus dihubungkan pada tingkal faktor penuaan acuan:
a) penuaan listrik pada tegangan maksimum terhadap pembumian U_M untuk sistem isolasi; dan;
b) penuaan termal pada suhu pelayanan maksimum T_M dari persamaan di bawah yang digunakan tegangan pengenal maksimum U_N vlasnya

$$Um = \frac{U_N}{\sqrt{3}} = 0,7\ U_N$$

Dibatasi dan diizinkan sebagai batas untuk pembatas yang lebih tinggi dalam waktu pada gangguan yang biasanya diobservasi.

$$T_M = T_1\ x\ 20\ ^0C$$

Disarankan, jika T_C adalah suhu kelas sebagaimana ditentukan dalam IEC 34-18-1 Nilai ini (T_M) tidak jauh dari 95% di atas batas distribusi suhu kerja yang sebenarnya

Untuk mesin yang besar yang diproduksi secara tersendiri untuk suhu kerja yang diketahui andal, harus digunakan baik diketahui suhu kerja maupun suhu kelas T_C.

6.1.2 interaksi yang tidak di ketahui

Pada keadaan interaksi tidak di ketahui, sebelum melakukan prosedur uji lebih lanjut, interaksi harus di deteksi terlebih dahulu. Metode untuk menemukan keberadaan besarnya interaksi di tentukan pada pasal A3 dan A4 Lampiran A.

6.1.3 Tidak ada interaksi atau interaksi yang tidak signifikan

Pada keadaan tidak ada, atau terbatasnya interaksi yang ada antara tekanan terminal dan listrik dapat diharapkan menghasilkan prinsip penempatan yang sama dengan memilih kombinasi penuaan dimana faktor percepatan untuk tekanan termal dan listrik adalah sama ketika digunakan sendiri.

6.1.3.1 Satu atau kedua faktor percepatan faktor tunggal diketahui

Jika tekanan listrik atau suhu penuaan yang berhubungan dengan pemilihan faktor penepatan diketahui dari pengujian faktor-tunggal sebelumnya, nilai tekanan tersebut harus digunakan.

6.1.3.2 faktor percepatan faktor tunggal tidak diketahui.

Jika faktor percepatan pada pengujian penuaan faktor-tunggal termal dan listrik tidak diketahui tekanan, untuk pengujian harus dipilih dari Tabel 2.

Tabel 2 - Pemilihan tingkat tekanan, bila percepatan faktor-tunggal tidak diketahui

Asumsi faktor percepatan tekanan tunggal	Tekanan listrik (frekuensi daya)	Suhu penuaan
8	1,40 U_M	T_M + 30 °C
16	1,60 U_M	T_M + 40 °C
32	1,80 U_M	T_M +50 °C
64	2.00 U_M	T_M +60 °C
128	2,25 U_M	T_M +70 °C
120	2,50 U_M	T_M +80 °C

Pada pemilihan suhu penuaan dalam Tabel 2, harus penuaan dalam Tabel, harus sudah diasumsikan bahwa temperatur penuaan mekanis tidak lebih dari julat temperatur pengujian, dimana hal tersebut sesuai dengan Hukum Arrehhenius (dengan 10 K interval halving) dengan akuransi yang dapat di percaya. Pada pengujian penuaan termal faktor-tunggal, perubahan secara radikal kemungkinan pada suhu penuaan tertinggi, Perubahan yang demikian (perubahan secara radikal) dari penuaan mekanis dapat menyebabkan hasil yang sangat keliru, dan kejadian tersebut harus dilaporkan.

Penuaan listrik di asumsikan mengikuti rumus eksponensial yang di ketahui sesuai dengan julat tegangan pengujian.

CATATAN Nilai-nilai dalam Tabel 2 hanya sebagai data petunjuk.

6.1.4 Interaksi yang diketahui terjadi

Interaksi dapat dicari sebagai mana ditunjukkan dalam ayat A.3 dan A4 Lampiran A. Jika interaksi diketahui terjadi. kombinasi tekanan boleh dimodifikasi. Modifikasi tekanan akan tergantung pada hubungan antara efek tekanan termal pada penuaan listrik, dan efek tekanan listrik pada penuaan termal.

6.1.4.1 Percepatan yang sama dari penuaan termal dan listrik

Jika interaksi dari penuaan termal dan listrik menghasilkan percepatan yang sama, kemudian ayat 6.1.3.1, baik dengan atau tanpa modifikasi harus digunakan peraturan-peraturan dalam Tabel 2.

Secara umum, jika hasil interaksi pada proses peningkatan penuaan, secara relatif faktor percepatan rendah harus dipilih. Sebaliknya jika hasil interaksi pada proses penurunan penuaan, secara relatip faktor percepatan tinggi harus dipilih.

6.1.4.2 Penuaan listrik lebih dipercepat dibanding penuaan termal

Jika hasil interaksi pada percepatan penuaan listrik lebih besar dibanding percepatan penentuan termal jika, 6.1.3.1 digunakan, baik dengan atau tanpa modifikasi berdasarkan Tabel 2. kemudian untuk setiap kombinasi tekanan, faktor percepatan tekanan listrik harus setengahnya dari faktor percepatan tekanan termal.

6.1.4.3 Penuaan termal lebih dipercepat di banding penuaan listrik

Jika hasil interaksi pada percepatan penuaan termal lebih besar di banding percepatan penuaan listrik jika ayat 5.1.3.1 digunakan, baik dengan atau tanpa modifikasi berdasarkan Tabel 2. Kemudian untuk setiap kombinasi tekanan, faktor percepatan tekanan listrik harus setengahnya dari faktor percepatan tekanan listrik.

CATATAN Untuk keadaan ini dijelaskan pasal A.4 kasus II, III dan IV.

6.2 Durasi dan jumlah subsiklus penuaan

Setiap kombinasi tekanan harus dipilih sehingga sekitar 10 subsiklus akan terlewati sebelum kegagalan tengah (median) pada grup bahan uji.

Oleh sebab itu, durasi subsiklus tidak boleh kurang dari 2 hari atau tidak boleh lebih dari 30 hari (dalam hal kasus prosedur 2 untuk tiap bagian subsiklus).

Sub-siklus dengan jumlah yang cukup menjadi sangat penting bila tekanan penuaan dikenakan sccara berurutan (prosedur 2), untuk memungkinkan terjadi interaksi tidak langsung mewakili keadaan sebenarnya. Oleh karena itu pada keadaan ini jumlah subsiklus harus 10 atau lebih.

6.3 Prosedur I: subsiklus penuaan dengan tekanan penuaan yang dikenakan secara simultan

6.3.1 Umum

Faktor penuaan dikenakan secara simultan.

Prinsip umum, mengikuti aturan pasal 3.

Sejauh dapat dipraktekan, maka prinsip percepatan sama harus digunakan (lihat 6.1)

6.3.2 Jumlah tingkat tekanan

Paling sedikit tiga kondisi penuaan harus dipilih, menurut petunjuk dalam ayat 6.1.

6.4 Prosedur 2 subsiklus penuaan dengan tekanan penuaan yang dikenakan secara berurutan

6.4.1 Umum

Petunjuk penggunaan prosedur ini diberikan dalam ayat 4.5 Subsiklus penuaan terdiri dari dua bagian. Pada bagian pertama, benda uji dikenakan suhu penuaan termal terpilih, tanpa diberikan tekanan listrik. Pada bagian kedua subsiklus penuaan, bahan uji tidak dipantaskan (kebalikan dengan rugi dielektrik) akan tetapi dikenakan tekanan penuaan listrik terpilih.

Suhu tertinggi aktual bahan uji selama periode penuaan listrik harus dicatat dan dilaporkan untuk teknik pengukurannya, lihat pasal 4.6.3.

Prinsip umum, mengikuti aturan pasal 4.

Sejauh dapat dipraktekkan, prinsip percepatan sama harus di berikan (lihat dalam ayat 6.1)
6.4.2 Jumlah dan pemilihan tingkat tekanan

Paling sedikit tiga kondisi penuaan harus dipilih, menurut petunjuk dalam ayat 6.1.

Pada prosedur ini, tingkat tekanan terpilih dibolehkan pada julat lebih bebas sampai/hingga ke tingkat tekanan lebih tinggi dibanding pada prosedur 1

6.5 Prosedur 3: Subsiklus penuaan bila presedur titik-tunggal dipakai

Uji titik-tunggal dibolehkan, sesuai ayat 5.3.2.2 IEC 34-18-1, jika ada perubahan kecil pada sistem isolasi. Dan prosedur berikut boleh digunakan.
Satu kombinasi yang cocok dari tingkat tekanan penuaan dipilih menurut ayat 6.1.
Dan tekanan penuaan bolehdi kenakan secara simultan seperti pada prosedur 1, atau secara berurutan seperti pada prosedur 2, jika interkasi langsung tidak tanpak atau tidak signifikasi (lihat ayat 6.1.3).
Prinsip umum yang diberikan dalam ayat 3 harus diikuti. Untuk prosedur ini, hal penting yang harus diketahui bahwa sistem acuan dan sistem bakal harus diuji bersama, menggunakan prosedur uji yang sama, laboratoriunn yang sama, dan menggunakan perlatan uji yang sama.

7 Sub-siklus diagnostik

Sebagai kelanjutan setiap subsiklus penuaan, masing-masing benda uji harus dilakukan uji diagnostik secara berurutan, yang meliputi sebagian atau seluruh pengujian berikut: Uji diagnostik mekanik, kelembaban, tegangan dan uji diagnostik lain sebagai mana dijelaskan dalam pasal ini, biasanya dilakukan sesuai perintah yang diberikan. Uji diagnostik yang dilakukan harus dilaporkan.

7.1 Uji mekanik

Uji mekanik harus lilakukan pada suhu ruang dan tanpa tegangan.

7.1.1 Uji mekanik umum

Tekanan mekanik yang diberikan harus sama dengan tekanan normal seperti yang dalam pada penggunaan dan besarnya sebanding dengan tekanan atau tegangan tertinggi yang diharapkan pada kondisi kerja normal di lapangan. Prosedur untuk melakukan tekanan ini dapat bermacam-macam sesuai masing-masing benda uji dan cara kerja di lapangan.

7.1.2 Uji meja goyang

Pengujian dilakukan menurut ayat 5.5.1 IEC 34.18.1, Benda uji harus dipasang, sehingga terjadi gerakan yang tegak lurus pada bidang belitan.

Amplitudo vibrasi yang diinginkan adalah 0,2 mm puncak ke puncak dcngan frekuensi 60 Hz atau 0,3 mm puncak ke puncak dan frekuensi 50 Hz. Amplitudo ini sebanding dengan percepatan mendekati 1,5 g (15 m/det^2). Jika amplitudo ini dikenakan, hal ini harus dilaporkan, serta alasan mengapa hal ini dilakukan.

7.1.3 Uji mekanik khusus

Alasan melakukan uji mekanik khusus, dan detail uji harus dilaporkan.

7.1.4 Tidak ada uji mekanik

Jika tidak dilakukan uji mekanik dilakukan dalam subsiklus diagnostik. Alasan tidak dilakukan harus dilaporkan.

7.2 Uji kelembaban

7.2.1 Uji kelembaban umum

Setiap benda uji harus dikenai paling sedikit selama 48 jam pada udara yang menghasilkan titik embun yang tanpak pada belitan. Benda uji harus diuji pada suhu niendekati suhu kamar pada julat 15^0 C sampai dengan 35^0 C. Suhu uji sebenarnya harus dilaporkan selama periode ini, bahan uji tidak dikenakan tegangan.

Pada akhir waktu pencelupan, pada saat obyek uji masih terendam, tegangan harus diberikan pada obyek uji sebagai mana di tentukan dalam ayat 7.3.2. Penguruan resistansi isolasi boleh dilakukan sebagai uji tambahan untuk mengidentifikasi kebocoran jika diinginkan.

Setelah uji tegangan, benda uji harus diberikan bilasan satu kali atau lebih dengan air ledeng. Benda uji harus dibiarkan kering, kalau diperlukan hingga keesokan hari, sebelum mengulangi subsiklus penuaan dan melanjutkan uji.

7.2.3 Uji kelembaban khusus

Alasan melakukan uji khusus dan detail pengujian harus dilaporkan.

7.2.4 Tidak ada uji kelembaban

Tidak ada uji kelembaban dilakukan sebagai bagian dari subsiklus diagnostik. Alasan yang

dapat dibenarkan harus dilaporkan.

7.3 Uji tegangan

Untuk melakukan pengecekan bahan uji dan mengetahui kapan akhir umur uji akan dicapai. Uji tegangan harus dilakukan.

Prosedur untuk uji tegangan dan indikator kegagalan di berikan dalam pasal 5.5.3 IEC 34-S-1.

7.3.1 Uji tegangan umum

Tegangan harus diberikan dari belitan ke belitan dan dari kumparan ke rangka, biasanya dalam permintaan itu. Sebagai tambahan, tegangan boleh diberikan dari lilitan ke lilitan, jika diperlukan.

Ketika tidak ada uji kelembaban dilakukan, daya-frekuensi tegangan uji diberikan selama 10 menit pada benda uji yang masih basah, pada suhu mendekati suhu ruang.

Ketika tidak ada uji kelembaban dilakukan, uji tegangan diberikan untuk periode 1 menit.

Besamya tegangan uji daya-frekuensi pada pengujian dari belitan ke rangka, atau dari belitan ke belitan harus 2 x U_N atau 1000 V, dipilih yang tertinggi U_N didefinisikan sebagai julat maksimum tegangan dari sistem isolasi said diuji.

Direkomendasikan untuk menggunakan peralatan pembatas arus yang disetel untuk jatuh minimum lima kali arus pengisian normal.

Untuk uji dari belitan ke belitan, tegangan yang sesuai untuk desain belitan dan kondisi operasi harus dipilih, menurut IEC 34-15.

7.3.2 Uji tegangan dari bahan uji yang dicelupkan

Tegangan uji frekuensi daya sebesar 1,15 x U_N diberikan dari belitan ke rangka selama 1 menit. Air harus melingkup seluruh rangka selama pengijian.

7.3.3 Uji Tegangan khusus

Alasan melakukan uji tegangan khusus, dan detail pengujian termasuk besarnya tegangan uji yang digunakan, harus dilaporkan.

7.3.4 Tidak ada uji tegangan

Jika tidak dilakukan uji tegangan, maka harus dilakukan uji diagnostik lain, menurut pasal 7.4.2, harus dilakukan. Alasan untuk tidak melakukan uji tegangan harus dilaporkan.

7.4 Uji diagnostik lain

Jika diperlukan, uji diagnostik lain boleh dilakukan, lihat IEC 34-18-1, ayat 5.5.4

7.4.1 Uji diagnostik informative

Uji diagnostik ini adalah pengukuran yang tidak merusak kualitas isolasi. Uji ini dilakukan selama bagian uji lain pada beberapa atau semua bahan uji. Dengan tidak merubah keperluan pengukuran, banyak yang dapat dipelajari mengenai proses penuaan dari isolasi.

7.4.2 Uji diagnostik yang digunakan untuk menentukan titik-akhir

Jika perubahan daam nilai yang dimiliki atau besaran terukur dapat dikorelasikan dengan akhir hidup yang ditentukan dengan uji tegangan atau kegagalan di pelayanan, hal itu boleh dilakukan sebagai tambahan atau penentuan tersendiri dari titik-akhir.

Alasan untuk menggunakan kriteria tersebut memperlihatkan korelasi, rincian uji termasuk besaran uji harus dilaporkan.

7.4.3 Tidak ada uji diagnostik lain

Tidak ada uji diagnostik lain yang dilapokan.

8 Analisis data, laporan dan evaluasi

8.1 Analisis data

Untuk masing-masing kombinasi yang terpilih dari tekanan penuaan waktu kegagalan median, rata-rata logaritma atau karakteristik lain harus ditentukan, bersamaan dengan batas yang diyakini. Alasan penggunaan metoda terpilih dari penurunan data harus dilaporkan.

hasil boleh divisualisasikan dengan gambar yang memperlihatkan logaritma umur lawan logritma faktor percepatan faktor-tunggal. Jika faktor percepatan penuaan termal berbeda dengan penuaan listrik, sebagai hasil modifikasi diuraikan dalam pasal 6.1.4.2 atau 6.1.4.3, gunakan salah satu, tetapi metoda yang digunakan harus dilaporkan.

8.2 Laporan

Sebagai kelanjutan paragraf yang berhubungan dengan laporan dalam ayat 5.6 dan 6.4 dari IEC 34-18-1 dengan cara yang sesuai.

8.3 Evaluasi

Nilai yang diharapkan untuk sistem bakal boleh diterima, bila unjuk kerjanya lebih bagus atau sama dengan unjuk Redo, sistem acuan pada perbandingan antar grafik dan sistem, sebagai mana diuraikan dalam ayat 8.1.

Pada saat ini tidak ada ekstrapolasi yang dianggap andal.

Lampiran A
(Normatif)

A.1 Hubungan dengan IEC 792-1

IEC 792-1 merekomendasikan aplikasi prinsip percepatan sama dari pengaruh penuaan terhadap semua faktor penuaan yang penting. Selanjutnya disarankan percepatan ini harus di estimasi berdasarkan basis uji penuaan. faktor tunggal.

Meskipun prinsip percepatan sama juga direkomendasikan dalam, standar ini, akan tetapi pada praktek pengujian sistem isolasi mesin berputar, prinsip tersebut tidak selalu dapat digunakan. Paling sedikit ada dua pengaruh yang menyebabkan hal ini:

– jika terdapat interaksi yang kuat antara faktor penuaan termal dan listrik, percepatan sebenarnya dari faktor penuaan ini dapat berbeda dari yang telah di estimasi melalui uji penuaan termal faktor tunggal (IEC 34-18-31) atau uji penuaan listrik faktor tunggal (IEC 34-18-32). Kesalahan dapat disebabkan, karena sistem bakal dan sistem acuan dapat menunjukkan perbedaan karena adanya interaksi tambahan.

– realisasi dari prinsip percepatan sama dapat menyebabkan terjadinya tingkat tekanan tinggi yang berubah radikal dalam mekanisme penuaan, sebagai contoh hilangnya lapisan dikarenakan ketidakstabilan termal, atau melonjaknya panas setempat dikarenakan rugi dielektrik yang tinggi. Perubahan mekanisme penuaan yang demikian dapat menyebabkan hasil yang salah fatal.

A.2 Interaksi alami

IEC 792-1 menyebutkan dua jenis-interaksi yang berbeda, yaitu: interaksi langsung yang tidak langsung.

Jika terjadi interaksi langsung antara faktor penuaan, secara nyata hanya ada satu faktor penuaan yang mempengaruhi proses penuaan yang disebabkan oleh faktor penuaan lain. Pengaruh tersebut dapat menyebabkan meningkatkan atau merusak daya tahan.

Sebagai contoh, pada beberapa isolasi mika, telah diobservasi umur uji listrik bertambah atau berkurang karena kenaikan suhu. Observasi dibatasi pada suhu rendah bila penuaan termal berjalan dengan sangat lambat. Pada suhu yang lebih tinggi, peningkatan suhu pada isolasi akan menyebabkan pengaruh perlambatan pada penuaan listrik dan pengaruh percepatan pada penuaan termal;

Jika terdapat interaksi langsung, faktor penuaan pada uji penuaan dilakukan secara simultan, seperti yang terjadi pada pelayanan.

Pada kasus interaksi tidak langsung, penuaan atau kemunduran disebabkan oleh satu faktor penuaan mempengaruhi proses penuaan pada faktor penuaan lain. Sebagai contoh, kerusakan retak rambut yang dihasilkan oleh penuaan termal isolasi menyebabkan, meningkatkan aktivitas *discharge*, dan akan merubah mekanisme penuaan listrik

Pada faktor penuaan yang hanya mernperlihatkan interaksi tidak langsung, atau tidak ada interaksi sama sekali, uji penuaannya dapat dilakukan secara sequensial atau secara simultan. Pada pengujian sequensial dengan interaksi (tidak langsung), lama siklus harus lebih pendek dibandingkan umur uji total.

A.3 Penentuan jenis dan adanya interaksi

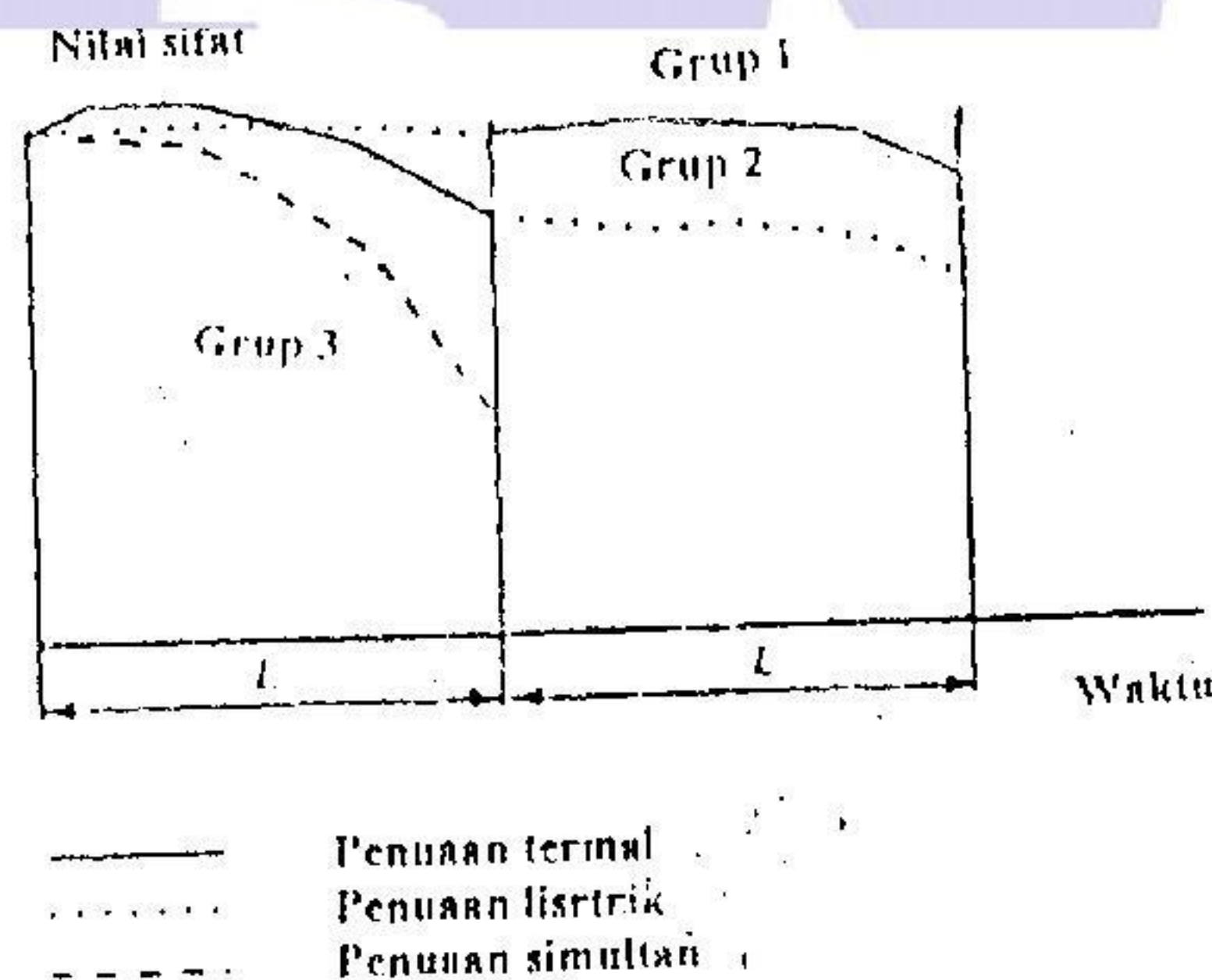
Untuk memajukan perkembangan lebih lanjut prosedur uji banyak faktor, suatu metoda sederhana untuk, menentukan adanya dan kualitas interaksi, akan diuraikan di bawah ini.

Ambil tiga kelompok bahan uji yang identik untuk uji daya tahan banyak faktor. Pilih suhu dan waktu penuaan (L) yang diketahui untuk menghasilkan sejumlah penuaan termal yang terdeteksi (tetapi jangan penuaan terlalu luas). Dengan cara yang sama, gunakan periode waktu yang sama (L), pilih tekanan listrik yang diketahui untuk menghasilkan sejumlah penuaan listrik yang terdeteksi.

a) Unsur kelompok pertama dengan melakukan secara berurutan, pertama-tama periode penuaan listrik (L), kemudian periode penuaan termal (L).
b) Umur kelompok kcdua dengan melakukan secara berurutan, pertama-tama periode penuaan termal (L), kemudian periode penuaan listrik (L).
c) Umur kclompok ketiga dengan melakukan secara simultan periode penuaan termal dan listrik (L).

Setelah periode penuaan, benda uji diuji dengan tepat untuk menghasilkan status benda uji. berbagai sifat listrik dan fisika dapat diukur, seperti rugi tangen, resistansi isolasi, berkurangnya berat, perubahan dimensi, modulus pembengkokan, dan lain-lain. Faktor diagnostik yang terpilih boleh digunakan. Sebagai pengujian yang terakhir, rincian tegangan yang menyebabkan rusak isolasi utaina (dan lilitan) ditentukan.

Jika ada perbedaan yang berarti antara kelompok I dan kelompok 2, kemudian interaksi tidak langsung ada antara penuaan termal dan listrik.

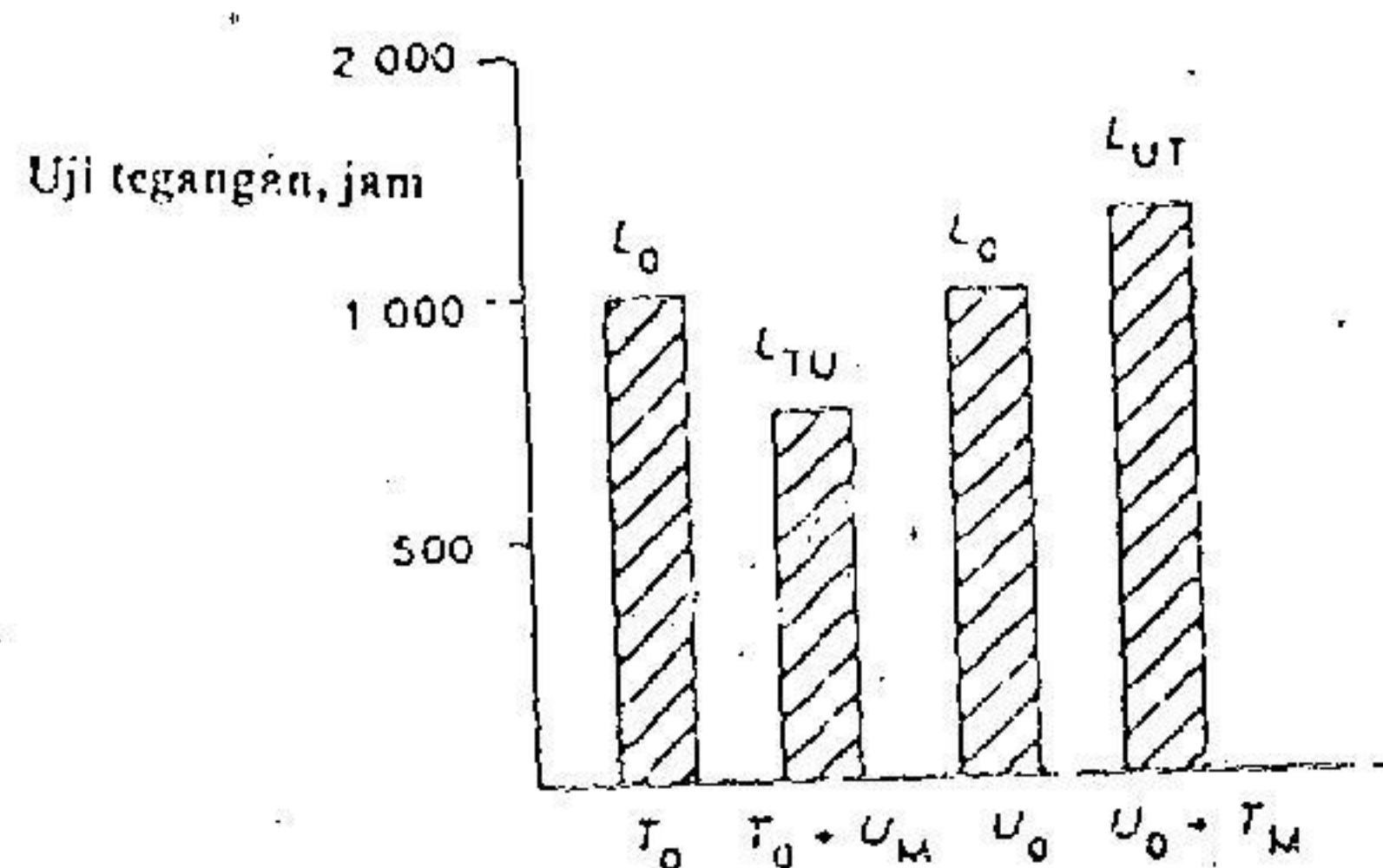
Jika hasil uji kelompok 3 secara jelas mempunyai selisih dari kelompok 1 dan 2, kemudian interaksi tidak langsung ada antara faktor penuaan termal dan listrik. Lihat gambar 1.

Gambar 1 - Penentuan interaksi

A.4 Perkiraan intensitas interaksi langsung

Untuk memilih alternatif yang tepat dari Sub-ayat 6.1.4, pengujian berikut harus dilakukan, jika interaksi langsung yang ada diketahui.

a) Pilih suhu T_o yang menghasilkan umur Lo pada uji penuaan termal faktor-tunggal.
b) Pilih tegangan U_0 yang menghasilkan umur L_o yang sama pada uji penuaan listrik faktortunggal pada suhu ruang.
c) Lakukan uji banyak faktor secara simultan pada (T_o, U_M). Menghasilkan umur uji L_{TU}.
d) Lakukan uji banyak faktor secara simultan pada (T_M, U_0). Menghasiikan umur uji L_{UT}.

Lihat gambar 2.

Direkomendasikan L_o dipilih antara 500 dan 2000 jam.

Gambar 2 - Perkiraan intensitas interaksi langsung

Analisis:

Kasus I	-	Jika L_{TU}< L_O, maka tekanan tegangan mempercepat penuaan termal.
Kasus II	-	Jika LTU< LO maka tekanan tegangan tegangan memperlambat penuaan termal
Kasus III	-	Jika LUT < Lo, maka suhu mempercepat penuaan listrik,
Kasus IV	-	Jika LUT <L0, maka suhu memperlambat penuaan listrik,
Kasus V	-	Jika LUT<LTU, maka perempatan suhu mempercepat penuaan listrik lebih cepat dari percepatan tekanan listrik mempercepat penuaan termal.
Kasus IV termal	-	Jika LUT< LTU, maka tekanan tegangan mempercepat penuaan Lebih cepat dari suhu mempercepat penuaan listrik

Jika U_M atau T_M tidak menghasilkan perubahan yang jelas dalam uji umum dibandingkan dengan Lo, maka tidak ada interaksi yang ditemukan. Walaupun demikian, jika U_M dan T_M Sangat rendah bila dibandingkan dengan U_0 atau T_0, maka pengujian harus diulang dengan menggunakan nilai pendekatan tegangan dan suhu yang lebih besar, sebagai contoh dengan 1,12 U_M dan T_M + 10 + °C.

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komtek/SubKomtek perumus SNI

Komite Teknis 29-09, Mesin Listrik

[2] Susunan keanggotaan Komite Teknis perumus SNI

Ketua	:	Ishak Sastranegara
Sekretaris	:	Renville Sapulete
Anggota	:	1. Sedya Sebayang
		2. Hotman Sitompul
		3. Saroso
		4. Sahat Simangunsong
		5. Achmad Mulyadi
		6. Mardi Tandibura
		7. Rahmad Cahyo Nugroho
		8. Andi Nur Arief Wibowo
		9. Firman Silitonga
		10. Herbert Rajagukguk
		11. Bambang Purwanto

[3] Konseptor rancangan SNI

-

[4] Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI

Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral